

УДК 631.85:631.445.23(571.63)

**АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ
ЧАСТИЧНО РАЗЛОЖИВШИХСЯ ФОСФОРИТОВ
НА ЛУГОВО-БУРОЙ ПОЧВЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

А. Н. КУЛЮКИН, Л. М. ПАНКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Результаты многолетних полевых и вегетационных опытов на лугово-буровой почве Приморского края показали, что продукт неполного разложения фосфорита приближается по своему действию на урожай сельскохозяйственных культур к двойному суперфосфату. Варианты с частично разложившимися фосфоритом и двойным суперфосфатом мало различались по выносу и коэффициентам использования фосфора. Удобрение, полученное на основе смешивания катализированного красного фосфора с частично разложившимся фосфоритом, уступало по эффективности двойному суперфосфату и частично разложившемуся фосфориту. Фосфор двойного суперфосфата переходит в лугово-бурой оподзоленной почве в основном в состав фосфатов оксидов железа и алюминия. При внесении частично разложившегося фосфорита в почве возрастает содержание фосфатов кальция.

В Приморском крае примерно 90 % пашни (663,3 тыс. га) характеризуется низким содержанием подвижного фосфора (менее 2,5 мг P_2O_5 на 100 г), что обуславливает высокую эффективность фосфатных туков при их совместном применении с азотными и калийными удобрениями [7].

В настоящее время минеральные удобрения, в том числе суперфосфат, аммофос и фосфоритная мука, ввозят в край из отдаленных районов страны, что требует больших затрат на их транспортировку. В этой связи организация производства фосфорных удобрений на базе месторождений Дальнего Востока будет иметь исключительно важное значение для развития здесь сельского хозяйства.

Исследования показали [2, 8], что применение фосфоритной муки Лагапского месторождения Удско-Шантарского бассейна (одного из дальневосточных месторождений) на кислых почвах Приморья обеспечивает существенное повышение урожая сельскохозяйственных культур. Однако при известковании кислых почв действие фосфоритной муки на урожай заметно снижается. Следовательно, разработка способов повышения эффективности фосфоритной муки (дальневосточных месторождений) на известкованных почвах является весьма актуальной проблемой для земледелия Приморского края. К таким способам можно отнести частичное разложение фосфоритов фосфорной кислотой. Имеющиеся в литературе данные убедительно свидетельствуют о высокой эффективности частично разложившихся фосфоритов (суперфосов) на различных почвах [1, 3, 4, 5].

Нами изучалось действие и последствие частично разложившейся фосфоритной муки Лагапского месторождения на урожайность кукурузы, сои и горохоовсяной смеси при их выращивании на известкованной лугово-бурой почве Приморского края. Параллельно определяли формы фосфорных соединений в почве разных вариантов в целях выявления характера превращений фосфорных удобрений в изучаемой почве.

Методика

В вегетационных и полевых опытах использована фосфоритная мука Лагапского месторождения Удско-Шантарского бассейна. Фосфорит подвергали обработке фосфорной кислотой: на 1 кг фосфоритной муки расходовали 100 и 150 г P_2O_5 , H_3PO_4 . После поверхностной обработки ее хорошо перемешивали и подсушивали до воздушно-сухого состояния.

В вегетационных опытах почву перед внесением удобрений и посевом известковали по полной норме гидrolитической кислотности и выдерживали во влажном состоянии в течение 15 дней.

В опыте 1, который продолжался 5 лет, изучали действие (первые 3 года) и последствие ежегодно вносимого двойного суперфосфата ($P_{сд}$), фосфоритной муки ($P_{ф}$) и частично разложившегося фосфорита ($P_{чрф}$) на урожайность кукурузы и горохоовсяной смеси, а также коэффициент использования фосфора. В запас на 3 года было внесено 2,7 г P_2O_5 на сосуд при ежегодном применении 0,9 г P_2O_5 на сосуд. Азот и калий вносили из расчета по 1,2 г N и K₂O на сосуд. Опыт проводили по схеме: 1 — NK (фон); затем по фону: 2 — Ред в запас; 3 — $P_{сд}$ ежегодно; 4 — Рф порошок в запас; 5 — $P_{ф}$ гранулы в запас; 6 — $P_{ф}$ порошок ежегодно; 7 — $P_{ф}$ гранулы ежегодно; 8 — $P_{чрф}$ порошок в запас; 9 — $P_{чрф}$ гранулы в запас; 10 — $P_{чрф}$ порошок ежегодно; 11 — $P_{чрф}$ гранулы ежегодно.

В вегетационном опыте 2, который, как и опыт 1, продолжался 5 лет, изучали действие (3 года) и последствие однократного внесения высокой дозы фосфора — 2,7 г P_2O_5 на сосуд — на урожайность тех же культур и величину коэффициентов использования фосфора. Схема опыта следующая: 1 — NK (фон); затем по фону: 2 — Рф порошок; 3 — Рф гранулы; 4 — Рсд; 5 — Раммофос; 6 — $P_{аммофос} + Ca$ [$Ca(NO_3)_2$]; 7 — $P_{чрф}$ порошок (расход 10 г P_2O_5 , H_3PO_4 на 100 г фосфорита); 8 — $P_{аммофос}$ порошок (расход 15 г P_2O_5 , H_3PO_4); 9 — $P_{чрф}$ гранулы (10 г P_2O_5 , H_3PO_4); 10 — $P_{чрф}$ гранулы (15 г P_2O_5 , H_3PO_4).

В вегетационном опыте 3 изучали действие (в течение двух лет) и последствие (1 год) фосфорных удобрений, в том числе смеси Рф и $P_{чрф}$ с катализированным красным фосфором на урожайность кукурузы. Схема опыта следующая: 1 — NK (фон); затем по фону: 2 — Рф; 3 — Рсд; 4 — $P_{кр}$ (красный фосфор) с катализатором; 5 — $P_{чрф}$ (расход 15 г P_2O_5 , H_3PO_4); 6 — $P_{ф} + P_{кр}$ с катализатором; 7 — $P_{чрф} + P_{кр}$ (33 г P_2O_5 в виде красного фосфора с катализатором).

В первых двух опытах в течение трех лет выращивали кукурузу гибрид Буковинский 3, а в последующие два года — горохоовсяную смесь и кукурузу, в опыте 3 — кукурузу. В сосуды типа Митччерлиха, вмещавшие 5 кг абсолютно сухой почвы, высевали по 8 зерен кукурузы или по 12

зерен гороха и овса. После появления мас-
совых всходов проводили прореживание и
оставляли по 2 растения кукурузы и по 10
овса и гороха. Повторность опытов 4—
6-кратная.

Вегетационные (в вегетационном домике
Приморского НИИ сельского хозяйства) и
полевые опыты (на опытных полях того же
института) проводили в 1979—1983 гг.

В полевых опытах перед их закладкой
почву произвестковали по полной норме
гидролитической кислотности. Площадь
учетной делянки 100 м², повторность 4-
кратная. Азот и калий (фон) вносили в
виде аммиачной селитры и хлорида калия.
Дозы N, P₂O₅ и K₂O — по 90 кг д. в. на
1 га. Удобрения вносили весной под глу-
бокую культивацию.

Общее содержание P₂O₅ в исходном фос-
форите 18,2 %, в частично разложившемся

при использовании 100 и 150 г P₂O₅ H₃PO₄
на 1 кг фосфоритной муки — соответст-
венно 21,8 и 26,8%, в том числе водо-
растворимого — 3,5 и 6,8, лимоннораствор-
имого — 8,7 и 10,6 %; при обогащении ча-
стично разложившегося фосфорита (15 г
P₂O₅ H₃PO₄ на 100 г фосфорита) красным
фосфором общее содержание P₂O₅ 39,5 %,
в том числе водорастворимого — 5,8, ли-
моннорастворимого — 8,9 %.

Опыты проводили на лугово-бурой опод-
золенной почве со следующими агрохими-
ческими показателями: гумус по Тюрину —
4,2%, сумма поглощенных оснований —
15,5 мэкв на 100 г, N₁ по Каппену —
5,4 мэкв на 100 г, рН_{сол} — 4,6, K₂O по
Масловой — 16,2 мг, P₂O₅ по Кирсанову —
0,49 мг на 100 г. После известкования Нг
снизилась до 1,68, а уровень рН повысил-
ся до 6,02.

Результаты вегетационных опытов

Из табл. 1, где приведены результаты опыта 1, видно, что эффек-
тивность P_{чрф} Лагапского месторождения достаточно высока. Так, при
обработке фосфоритной муки даже небольшим количеством фосфорной

Таблица 1

Урожай культур (г сухой массы на сосуд), вынос
и коэффициенты использования фосфора растениями (мг/сосуд) за 5 лет
в вегетационном опыте 1 (с учетом действия и последствия удобрений)

Вариант опыта	Кукуруза за 1975 — 1977 гг. (прямое действие)	Горохо- овсяная смесь, 1978	Кукуруза		Вынос P ₂ O ₅ с урожаем	Ку. %
			1978 г.	1979 г.		
1	151,3	6,5	16,7	6,8	461,2	—
2	479,4	13,4	32,0	31,0	1856,5	51,7
3	498,6	24,4	37,6	32,7	1912,5	53,7
4	152,0	6,5	16,7	12,7	555,8	3,5
5	158,7	4,9	17,8	9,3	518,4	2,1
6	157,2	6,9	17,4	15,4	550,4	3,3
7	164,7	7,1	19,2	12,5	555,9	3,5
8	470,8	13,3	27,8	32,3	1686,4	45,4
9	432,0	13,7	35,4	29,8	1862,0	51,9
10	460,6	18,7	39,5	30,3	1874,7	52,3
11	491,8	19,6	37,3	25,1	2035,0	58,3
НСР ₀₅		0,56	3,2	5,0		

Примечание. В этой и других таблицах Ку — коэффициент использования P₂O₅ из
удобрений.

кислоты (10 г P₂O₅ H₃PO₄ на 100 г фосфорита) получается фосфорное
удобрение, которое по своей эффективности приближается к P_{сд}.

Сравнительное изучение ежегодного и запасного внесения фосфор-
ных удобрений показало, что последнее не имеет преимуществ перед
ежегодным применением удобрений (за исключением первого года).
Эффективность обычной фосфоритной муки на известкованной почве
незначительна и находится в пределах ошибки опыта.

Вынос фосфора с урожаем и коэффициенты его использования
были наибольшими в вариантах с P_{сд} и P_{чрф}. Важно отметить, что ва-
рианты с этими удобрениями не различались по значению коэффициен-
тов использования фосфора за 5 лет (табл. 1). При ежегодном внесе-
нии фосфорных удобрений вынос и коэффициенты использования фос-
фора были несколько выше, чем при запасном, что свидетельствует о
более интенсивном переходе фосфора удобрений в труднодоступные
соединения при их внесении в запас.

Урожай культур (г сухой массы на сосуд), вынос и коэффициенты использования фосфора растениями (мг/сосуд за 5 лет) в вегетационном опыте 2

Вариант опыта	Кукуруза за 1976 — 1978 гг.	Горох и овес, 1979 г.	Кукуруза		Вынос P_2O_5 с урожаем	K_y	K_y «доступной» P_2O_5 , %
			1979 г.	1980 г.			
1	117,6	10,1	11,5	9,7	214,0		
2	138,6	13,3	29,5	10,9	321,4	4,0	13,9
3	155,8	11,9	30,9	10,3	375,6	6,0	20,9
4	524,7	22,7	36,5	51,6	1523,9	48,5	48,5
5	578,0	31,8	67,4	63,9	1833,3	60,0	60,0
6	538,3	32,2	55,6	53,8	1670,6	53,9	53,9
7	405,5	19,8	44,0	36,3	1142,3	34,4	61,5
8	455,8	21,2	44,1	43,3	1619,1	52,0	80,1
9	457,2	22,0	44,5	52,1	1450,0	45,8	81,9
10	439,4	21,6	47,8	51,3	1415,7	44,5	68,5
НСР ₀₅		2,9	8,2	5,0			

В вегетационном опыте 2 наибольший урожай кукурузы получен в вариантах с $P_{аммофос}$ (табл. 2). В первые три года $P_{чрф}$ уступал по своему действию на урожай кукурузы $P_{сд}$, но в 3 раза превосходил обычный фосфорит. В годы изучения последействия урожай в вариантах с $P_{сд}$ и $P_{чрф}$ были близки.

Гранулированная $P_{ф}$ оказывала примерно такое же действие, как и порошковидная на урожай растений. В вариантах с $P_{чрф}$ коэффициент использования P_2O_5 был существенно выше, чем при внесении $P_{ф}$ (табл. 2). Коэффициенты использования «доступной» P_2O_5 из суперфоса даже при небольшом расходе H_3PO_4 (10 г P_2O_5) оказались значительно выше, чем из $P_{сд}$. Это свидетельствует, что в фосфорном питании растений принимает участие не только доступный фосфор частично разложившегося фосфорита, но и фосфор, который не переходит в вытяжку 2 % лимонной кислоты.

В вегетационном опыте 3 $P_{чрф}$ и $P_{сд}$ обеспечили примерно равный прирост урожайности зеленой массы кукурузы (табл. 3). Добавление красного фосфора к обычному фосфориту вызвало достоверное повышение урожая лишь на 2-й год опыта, что объясняется его относительно медленным окислением. При смешивании красного фосфора с $P_{чрф}$ получился продукт, обладающий

высоким положительным действием, однако он уступал по своему влиянию на урожайность кукурузы $P_{сд}$ и $P_{чрф}$.

Значения коэффициентов использования P_2O_5 из удобрений были выше в вариантах с $P_{сд}$ и $P_{чрф}$. Наименьшие вынос и коэффициенты использования фосфора получены при внесении $P_{ф}$. При добавлении к фосфоритной муке катализированного красного фосфора эти показатели возрастали в 3 раза.

Результаты полевых опытов

Данные полевых опытов (табл. 4) согласуются с результатами вегетационных. На известкованной почве эффективность обычной фос-

Таблица 3

Урожай кукурузы (г сухой массы на сосуд), вынос и коэффициент использования фосфора растениями (мг/сосуд за 3 года) в вегетационном опыте 3

Вариант опыта	Урожай кукурузы				Вынос P_2O_5 с урожаем	K_y , %
	1978 г.	1979 г.	1980 г. (последствие)	за 3 года		
1	6,5	14,2	25,5	46,2	51,7	—
2	13,6	25,2	29,1	67,9	108,6	1,8
3	147,9	117,3	97,9	363,1	865,7	25,4
4	24,0	68,4	76,0	168,4	377,2	10,2
5	156,0	99,6	94,2	349,8	865,6	25,4
6	14,4	42,2	68,1	124,7	234,1	5,7
7	138,0	75,7	83,9	297,6	667,1	19,2
НСР ₀₅	17,7	7,7	12,2	—	—	—

Урожай зерна сои и зеленой массы кукурузы (ц/га),
вынос и коэффициент использования P_2O_5 в полевых опытах

Вариант опыта	Опыт 1					Опыт 2					
	кукуруза			вынос P_2O_5 за 3 года, кг/га	Ку, %	соя, 1978 г.	кукуруза			вынос P_2O_5 за 3 года, кг/га	Ку, %
	1977 г.	1978 г.	1979 г.				1979 г.	1980 г.	ц корм. ед. за 2 года		
НК (фон)	271,3	266,2	69,5	28,7	—	19,0	86,9	320,0	81,4	20,5	—
По фону:											
$P_{сд}$	300,3	346,6	131,2	47,6	10,5	23,9	159,3	455,0	122,9	48,4	15,5
$P_{ф}$	277,2	285,0	71,8	31,0	1,3	20,0	95,0	323,0	83,6	27,8	4,1
$P_{чрф}$ (10 г $P_2O_5N_3PO_4$)	292,2	332,7	121,2	40,6	6,6	23,7	159,6	457,0	123,3	44,7	13,4
$P_{чрф}$ (15 г $P_2O_5N_3PO_4$)	302,3	347,5	123,5	43,2	8,0	23,0	150,3	448,0	119,7	47,5	15,0
$НСР_{05}$	24,8	18,9	20,0	—	—	1,5	33,5	58,4			

форитной муки очень низкая, в то время как фосфорит, обработанный небольшими количествами фосфорной кислоты, не уступал по действию и последствию на урожай сои и кукурузы двойному суперфосфату. Урожай зеленой массы кукурузы при внесении $P_{сд}$ в опыте 1 за 2 года

Таблица 5

Фракционный состав фосфатов почвы
(мг P_2O_5 на 100 г) после 3-летнего
применения фосфорных удобрений
(вегетационный опыт)

Вариант опыта	Фосфаты алюминия и железа	Фосфаты Са	Органический фосфор	Остаточный фосфор	Общий фосфор
1	29,5	12,4	40,0	77,1	159
2	41,5	15,6	38,5	67,4	163
3	51,6	15,4	33,9	82,1	183
4	35,1	24,4	39,9	67,6	167
5	35,0	23,6	39,5	70,9	169
6	37,5	30,8	36,0	98,7	203
7	33,5	26,2	39,0	95,3	194
8	35,7	29,8	54,3	55,2	175
9	35,7	30,8	44,3	60,2	171
10	38,5	37,8	44,5	82,2	203
11	38,5	40,8	44,5	75,2	199

прямого действия и года последствия был на 171,1 ц/га выше, чем в контроле, а в вариантах с $P_{чрф}$ при разных уровнях разложения — соответственно на 139,1 и 166,3 ц/га. В опыте 2 в звене севооборота соя — кукуруза — кукуруза прибавка к фону в сумме за 3 года составила по $P_{сд}$ 48,2, по $P_{чрф}$ — соответственно 48,4 и 43,8 ц корм. ед.

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии достоверных различий между вариантами с разными уровнями разложения фосфорита. Отсюда можно сделать важный для практики вывод, что для разложения фосфоритов с низким содержанием P_2O_5 достаточно брать в 3—4 раза меньше кислоты, чем ее требуется для получения двойного суперфосфата.

Вынос и коэффициенты использования фосфора урожаями кукурузы и сои в сумме за 3 года в вариантах с $P_{сд}$ и $P_{чрф}$ были близки.

О превращении фосфорных удобрений в почве

Большая часть фосфора в почве варианта НК (фон) приходилась на остаточный и органический (табл. 5). Минеральные формы фосфатов (26,4% от валового) в основном были представлены фосфатами оксидов железа и алюминия. Это является одной из причин малой подвижности фосфатов в кислых почвах Приморского края и трудной мобилизации их растениями, несмотря на довольно высокое содержание валового фосфора в почве.

В результате взаимодействия фосфорных удобрений с почвой соотношение форм фосфатов заметно изменялось, причем накопление тех или иных форм зависело от вида удобрения. Так, после 3-летнего внесения фосфор $P_{сд}$ в основном превращался в фосфаты оксидов железа и алюминия, а в вариантах с обычным и частично разложившимся

фосфоритом преимущественно возрастало содержание фосфатов кальция, что свидетельствует о незначительном превращении этих удобрений в почве. Количество фосфатов кальция возрастало при ежегодном внесении удобрений в большей степени, чем при запасном.

Экономическая эффективность применения фосфорных удобрений

На основании данных, полученных в полевых опытах, была рассчитана экономическая эффективность применения фосфорных удобрений. При трехлетнем возделывании кукурузы (2 года действия удобрений) внесение $P_{сд}$ обеспечило несколько больше чистый доход и уровень рентабельности, чем $P_{чрф}$ в тех же дозах.

Таблица 6

Показатели экономической эффективности применения фосфорных удобрений в звене севооборота соя — кукуруза — кукуруза

Вариант опыта	Стоимость урожая с 1 га за 3 года	Материально-денежные затраты на 1 га, руб.	Себестоимость, руб.		Чистый доход, руб.		Уровень рентабельности, %	Окупаемость дополнительных затрат прибавкой урожая, руб.
			1 ц корм. ед. кукурузы	1 ц зерна соя	на 1 га	на 1 руб. затрат		
N K (фон)	1899,6	1051,0	5,9	30,0	848,6	0,81	81	—
По фону:								
$P_{сд}$	2676,6	1139,2	4,4	25,1	1537,4	1,35	135	8,8
$P_{ф}$	1970,4	1073,2	5,9	28,9	897,2	0,84	84	3,2
$P_{чрф}$ (10 г $P_2O_5 \cdot H_3PO_4$)	2674,2	1138,4	4,4	25,4	1535,8	1,35	135	8,9
$P_{чрф}$ (15 г $P_2O_5 \cdot H_3PO_4$)	2595,8	1136,7	4,5	26,1	1459,1	1,28	128	8,0

В звене севооборота соя — кукуруза — кукуруза применение $P_{од}$ и $P_{чрф}$ с большим уровнем разложения дало примерно одинаковые результаты (табл. 6). Экономическая эффективность внесения обычной фосфоритной муки оказалась наименьшей.

Выводы

1. При небольшом количестве фосфорной кислоты, необходимом для разложения фосфорита Лагаского месторождения (из расчета 10—15 г $P_2O_5 \cdot H_3PO_4$ на 100 г), можно получить фосфорное удобрение, приближающееся по своей эффективности к двойному суперфосфату.
2. Запасное внесение двойного суперфосфата и частично разложившегося фосфорита в произвесткованные лугово-бурые почвы Приморского края не имели преимуществ перед ежегодным применением этих удобрений при выращивании кукурузы.
3. Вынос фосфора растениями и коэффициенты использования его из продуктов неполного разложения фосфорита были примерно такими же, как и в вариантах с суперфосфатом.
4. Коэффициенты использования «доступной» P_2O_5 кукурузой в вариантах с частично разложившимся фосфоритом (в вегетационном опыте) были значительно выше, чем в вариантах с двойным суперфосфатом, что свидетельствует о переходе в почвенный раствор из частично разложившегося фосфорита того фосфора, который не извлекается 2 % лимонной кислотой.
5. Удобрение, полученное в результате смешивания катализированного красного фосфора с частично разложившимся фосфоритом, положительно влияло на урожай кукурузы, но уступало по эффективности двойному суперфосфату и частично разложившемуся фосфориту.

6. Фосфор суперфосфата переходит в лугово-бурой оподзоленной почве в основном в состав фосфатов оксидов железа и алюминия. При внесении частично разложившегося фосфорита в почве возрастает содержание фосфатов кальция.

7. Гранулирование частично разложившегося фосфорита Лагапского месторождения не снижает его эффективности и позволяет получить хорошее удобрение по физико-механическим свойствам.

8. Применение частично разложившегося фосфорита и двойного суперфосфата дает примерно одинаковый экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Останин А. И., Сидорина Л. В., нов П. М., Кулюкин А. Н., Чернышов А. П. Эффективность разных форм фосфорсодержащих удобрений, их влияния на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы и баланс кальция и магния в лизиметрическом опыте. — *Агрохимия*, 1984, № 9, с. 15—20. — 6. Смирнов П. М., Кулюкин А. Н., Чернышов А. П. Сравнительное изучение эффективности двойного суперфосфата, аммофоса и смесей продуктов частичного разложения фосфоритов с красным фосфором в полевых и вегетационных опытах. — *Изв. ТСХА*, 1980, вып. 1, с. 57—62. — 7. Система земледелия в Приморском крае. — Новосибирск, 1982. — 8. Федоров А. А., Измайлова Л. М. Эффективность фосфоритной муки Лагапского месторождения на лугово-бурой оподзоленной почвах. — В сб. науч. тр. Уссурийск, 1978, № 52, с. 345—349.
1. Останин А. И., Сидорина Л. В., Подколзина Г. В., Завертеева Т. И., Цынина Э. И. Суперфос из Кингисеппского фосфорита. *Химия в сельск. хоз-ве*, 1985, № 7, с. 67—71. — 2. Панкова Л. М. Сравнительная эффективность двойного суперфосфата и продуктов частичного разложения местных фосфоритов при выращивании сои на лугово-бурой почве Приморского края. — В сб.: Факторы повышения продуктивности сои. Хабаровск, 1983. — 3. Сидорина Л. В., Останин А. И., Подколзина Г. В. и др. Агрохимическая эффективность нового фосфорного удобрения — суперфоса. Сообщение 1. — *Агрохимия*, 1983, № 10, с. 50—58. — 4. Сидорина Л. В., Останин А. И., Подколзина Г. В. и др. Агрохимическая эффективность нового фосфорного удобрения — суперфоса. Сообщение 2. — *Агрохимия*, 1983, № 11, с. 18—24. — 5. Смирнов П. М., Кулюкин А. Н., Чернышов А. П. Эффективность разных форм фосфорсодержащих удобрений, их влияния на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы и баланс кальция и магния в лизиметрическом опыте. — *Агрохимия*, 1984, № 9, с. 15—20. — 6. Смирнов П. М., Кулюкин А. Н., Чернышов А. П. Сравнительное изучение эффективности двойного суперфосфата, аммофоса и смесей продуктов частичного разложения фосфоритов с красным фосфором в полевых и вегетационных опытах. — *Изв. ТСХА*, 1980, вып. 1, с. 57—62. — 7. Система земледелия в Приморском крае. — Новосибирск, 1982. — 8. Федоров А. А., Измайлова Л. М. Эффективность фосфоритной муки Лагапского месторождения на лугово-бурой оподзоленной почвах. — В сб. науч. тр. Уссурийск, 1978, № 52, с. 345—349.

Статья поступила 20 февраля 1987 г

SUMMARY

The results of field and greenhouse experiments conducted for many years on grassland-brown soil of Primorye territory have shown that the effect of not complete phosphorite decomposition on crop yield is close to that of double superphosphate. Variants with partially decomposed phosphorite and double superphosphate did not differ much in removal and utilization coefficients of phosphorus. A fertilizer obtained as a result of mixing catalyzed red phosphorus with partially decomposed phosphorite was lower in its efficiency than double superphosphate and partially decomposed phosphorite. In grassland-brown podzolized soil, phosphorus of double superphosphate mainly passes into the composition of iron and aluminium oxide phosphates. When partially decomposed phosphorite is applied into the soil, the amount of calcium phosphates increases.